

## 【基盤研究(S)】

理工系(数物系科学)



### 研究課題名 メゾスコピック系における非平衡スピンの輸送の 微視的理解とその制御

大阪大学・大学院理学研究科・教授 こばやし けんすけ  
小林 研介

研究課題番号: 26220711 研究者番号: 10302803

研究分野: 量子物性

キーワード: メゾスコピック系、近藤効果、スピントロニクス、非平衡、ゆらぎ

#### 【研究の背景・目的】

わたしたちの身の回りの物質は、磁石になるものや、電気を通すもの、超伝導を示すものなど、様々な特色ある性質を持っています。現代の科学技術は、このような色々な性質を持つ物質を巧みに組み合わせさせて生み出されてきました。

ところで、ほとんどの場合、物質の性質は、その内部にあるたくさんの電子の振る舞いによって決定されます。物性物理学とは、このような数多くの電子が生み出す多彩な現象を扱う学問です。なかでも、電子の持つ二つの自由度、すなわち、電荷(電流を運ぶものです)とスピン(磁石を生み出すものとなるものです)という自由度の結びつきを理解することが、物性物理学の究極の目標であると言っても言いすぎではありません。特に、日本の近藤淳博士によって1964年に解明の糸口が開かれた「近藤効果」や、ハードディスクにも応用されている「巨大磁気抵抗効果」に代表される、スピンの方向に依存して電流が流れる現象(スピン依存伝導)の研究が物性物理学において果たしてきた役割は、極めて大きいものがあります。

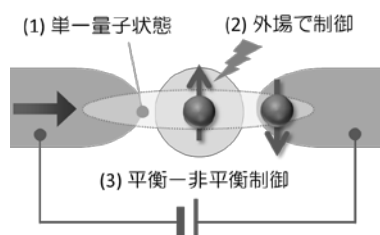
これまで、スピン依存伝導の研究は、主に、たくさんのスピンを含む巨視的な物質を調べることによって行われてきました。しかし、近年、ナノテクノロジーの発展により、微小な固体量子素子(メゾスコピック系)を用いる新しい研究手法が可能となってきました。

本研究は、メゾスコピック系を用いて、近藤効果をはじめとするスピン依存伝導を、その非平衡状態も含めて完全に解明することを目的とします。

#### 【研究の方法】

私たちが用いるメゾスコピック系では、図に示すように、単一の電荷やスピンの状態などを様々な制御することができます。そのため、従来の研究手法では不可能であったような、電子が伝導する最も基礎的な過程を観測し制御することが可能です。

さらに、本研究は、高精度の電流ゆらぎ測定を行う点に大きな特色を持ちます。電流ゆらぎ測定とは、電流の平均値の周りのゆらぎ(分散)を測定するもので、時間平均された伝導度



測定では分からない、非平衡状態にある系のダイナミクスを定量的に知ることができます。私たちは、過去数年来にわたって独自に開発してきた世界最高精度を持つ電流ゆらぎ測定を用いて、スピン依存伝導の研究を行います。

#### 【期待される成果と意義】

本研究の最大の特色は、メゾスコピック系におけるスピン依存伝導の研究に、電流ゆらぎ測定を適用することにあります。私たちは、現在までに、様々なメゾスコピック系にこの測定手法を適用し、研究実績を上げてきました。量子素子における電流ゆらぎは、微細加工技術が発達し、高度なエレクトロニクス機器が手に入る現代だからこそ可能となった先端的かつ独創的な研究テーマです。

ゆらぎに注目する本研究によって、近藤効果をはじめとする多彩なスピン依存伝導のメカニズムの詳細が明らかになります。これは、物性物理学における新しい研究ステージを開くことでしょう。また、現在、スピンを利用する新しいエレクトロニクス(スピントロニクス)が注目されていますが、本研究は、その要となる非平衡スピン依存伝導の理解と制御にも貢献します。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Y. Yamauchi, K. Sekiguchi, D. Chida, T. Arakawa, S. Nakamura, K. Kobayashi, T. Ono, T. Fujii, R. Sakano, "Evolution of the Kondo effect in a quantum dot probed by shot noise", *Physical Review Letters* **106**, 176601-1-176601-4 (2011).
- ・ T. Arakawa, Y. Nishihara, M. Maeda, S. Norimoto, K. Kobayashi, "Cryogenic amplifier for shot noise measurement at 20 mK", *Applied Physics Letters* **103**, 172104-1172104-4 (2013).

#### 【研究期間と研究経費】

平成26年度-30年度  
149,600千円

#### 【ホームページ等】

<http://meso.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>  
[kensuke@phys.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:kensuke@phys.sci.osaka-u.ac.jp)